

**ANALISA BAHAN TAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE  
( *FIBER PLASTIC BENESER* ) PADA CAMPURAN  
ASPAL BETON**

**TUGAS AKHIR**



Diajukan Oleh :

**DIAN EKA SAPUTRA**  
**0853010018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
JAWA TIMUR  
2012**



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISA BAHAN TAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE*  
(*FIBER PLASTIC BENESER*) PADA CAMPURAN  
ASPAL BETON**

**Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Sipil FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur  
pada tanggal, 23 Mei 2012**

**Dosen Pembimbing :  
Pembimbing Utama**

**Tim Penguji :  
1. Penguji I**

**IBNU SHOLICHIN, ST., MT.  
NPT. 3 6711 95 0037 1**

**MASLIYAH, ST., MT**

**Pembimbing Pendamping**

**2. Penguji II**

**NUGROHO UTOMO, ST.  
NPT. 3 7501 04 0195 1**

**IWAN WAHJUDIJANTO, ST., MT.  
NPT. 3 7102 99 0168 1**

**3. Penguji III**

**Ir. HENDRATA WIBISANA, ST., MT.  
NIP. 19651208 199003 1 00 1**

**Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

**Ir. NANIEK RATNI, JAR., M.Kes.  
NIP. 19590729 198603 2 00 1**

## **ABSTRAK**

### **ANALISA BAHAN TAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE (*FIBER PLASTIC BENESER*) PADA CAMPURAN ASPAL BETON**

**Oleh :  
DIAN EKA SAPUTRA  
NPM. 0853010018**

Dalam perkerasan jalan di Indonesia sudah banyak menggunakan campuran aspal beton, karena dalam campuran ini menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama, harga relatif lebih murah dibanding beton dan biasanya digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi. Tetapi campuran ini memiliki kelemahan yaitu pada cuaca tropis serta jika beban lalu lintas yang terlalu tinggi, campuran ini akan mengalami kerusakan seperti jalan berlubang dan bergelombang.

Sudah banyak penelitian yang meneliti bahan tambahan yang layak untuk mengatasi masalah aspal beton di Indonesia. Pada penelitian ini mencoba menggunakan barang yang sudah tidak terpakai atau limbah yaitu serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*). *Fiber plastic beneser* tergolong dalam serat *polypropylene*, dimana pernah dilakukan pengujian untuk serat *polypropylene* dapat mengurangi gaya tarik yang menyebabkan keretakan pada struktur beton. Sehingga penelitian kali ini, di coba pada struktur jalan.

Untuk penelitian ini dilakukan pemeriksaan agregat serta aspal terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pengujian *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum, dimana didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,4%. Kemudian dilakukan pengujian *Marshall* untuk mencari kadar serat *polypropylene* optimum, dimana didapatkan nilai kadar serat *polypropylene* optimum sebesar 4,6%.

Sedangkan pada karakteristik campuran aspal beton dengan bahan tambahan serat *polypropylene* didapat nilai VMA sebesar 19,51%, VFA didapat nilai sebesar 63,85%, nilai VIM didapat sebesar 7,06%, stabilitas sebesar 1288,88 kg, *flow* sebesar 3,9 mm dan MQ sebesar 368,71 kg/mm.

**Kata Kunci : Aspal Beton, Serat *Polypropylene*, *Fiber Plastic Beneser*, *Marshall***

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul **“ANALISA BAHAN TAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* (*FIBER PLASTIC BENESAR*) PADA CAMPURAN ASPAL BETON”**.

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan guna melengkapi tugas akademik dan memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis berusaha semaksimal mungkin menerapkan ilmu yang didapatkan dibangku perkuliahan dan buku-buku literatur yang sesuai dengan judul tugas akhir ini. Disamping itu penulis juga menerapkan petunjuk-petunjuk yang diberikan oleh dosen pembimbing, namun sebagai manusia biasa dengan keterbatasan yang ada penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun dari setiap pembaca akan diterima demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Dengan tersusunnya tugas akhir ini, tidak lupa mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, semangat, arahan serta berbagai macam bantuan baik berupa moral maupun spiritual, terutama kepada :

1. Ibu Ir. Naniek Ratni JAR., M. Kes, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Ibnu Solichin ST., MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Dra. Anna Rumintang MT., selaku Dosen Wali terima kasih atas bimbingan dan saran-saran serta motivasi yang telah diberikan.
4. Bapak Ibnu Solichin ST., MT., selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, nasihat dan masukan serta motivasi kepada penulis selama pembuatan tugas akhir ini.
5. Bapak Nugroho Utomo ST., selaku dosen pembimbing kedua, terima kasih atas bimbingan, arahan, nasihat, serta motivasi yang diberikan demi terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Bapak Iwan Wahjudijanto ST., MT., selaku kepala Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah mengizinkan menggunakan laboratorium konstruksi dan bahan jalan serta memberikan bimbingan dan dorongan moril selama pengerjaan tugas akhir.
7. Bapak Ir. Sutoyo CES., selaku kepala Laboratorium Bahan Jalan Bina Marga Prov. Jawa Timur yang telah mengizinkan menggunakan laboratorium dan memberikan pengarahan serta motivasi.
8. Para Dosen dan Staf pengajar Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan yang amat berguna.

9. Kedua orang tuaku, saudaraku semua yang telah banyak memberikan dukungan lahir dan batin, materil serta spiritual sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Segenap keluarga besar Teknik Sipil semua angkatan dan khususnya angkatan 2008, 2009, 2010 serta 2011 terima kasih atas dorongan semangat serta bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai akhir kata penulis harapkan agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Mei 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

### HALAMAN JUDUL

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I        PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	3
1.3. Maksud dan Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II        TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Aspal Beton .....	5
2.2. Sifat – Sifat Campuran Aspal Beton .....	7
2.2.1. Stabilitas.....	8
2.2.2. Durabilitas (Keawetan) .....	8
2.2.3. Fleksibilitas (Kelenturan) .....	9
2.2.4. <i>Skid Resistance</i> (Kekesatan Terhadap Slip).....	9
2.3. Jenis – Jenis Aspal Beton .....	9
2.4. Spesifikasi Aspal Beton .....	11
2.5. Bahan Campuran Aspal Beton .....	14

2.5.1. Agregat .....	14
2.5.2. Bahan Bitumen .....	20
2.5.3. Bahan Pengisi atau <i>Filler</i> .....	25
2.5.4. Bahan Tambahan atau <i>Additive</i> .....	25
2.6. Serat <i>Polypropylene</i> .....	28
2.7. Sifat – Sifat Serat <i>Polypropylene</i> .....	30
2.8. Penggunaan Serat <i>Polypropylene</i> Pada Bidang Konstruksi	31
2.9. Metode Pengujian Campuran .....	32
2.9.1. <i>Imersion Compression Test</i> .....	32
2.9.2. <i>Hubbard Field Test</i> .....	33
2.9.3. <i>Triaxial Compression Test</i> .....	33
2.9.4. <i>Stabilometer (Hveem, Stability Test)</i> .....	33
2.9.5. <i>Marshall Test</i> .....	33
2.10. Pencampuran dan Pengujian Benda Uji .....	35
2.11. Parameter Pengujian <i>Marshall</i> .....	41
2.11.1. Kepadatan ( <i>Marshall Density</i> ) .....	41
2.11.2. Stabilitas <i>Marshall</i> .....	42
2.11.3. Kelelehan ( <i>flow</i> ) .....	45
2.11.4. Hasil Bagi Marshall ( <i>Marshall Quotient</i> ) .....	45
2.11.5. Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB) .....	45
2.11.6. Rongga Antar Agregat (VMA) .....	46
2.11.7. Rongga Udara (VIM) .....	47
2.12. Penelitian yang Pernah Dilakukan .....	48

<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>52</b>
3.1.	Rancangan Penelitian .....	52
3.2.	Perencanaan Campuran Aspal Beton .....	52
3.2.1.	Persentase Aspal Optimum .....	52
3.2.2.	Persentase Serat Optimum .....	53
3.3.	Pemeriksaan Karakteristik Bahan Campuran .....	53
3.3.1.	Agregat Kasar dan Halus .....	54
3.3.2.	Pengujian Bahan Bitumen .....	54
3.4.	Uji Campuran Bitumen .....	54
3.4.1.	Uji <i>Marshall</i> .....	54
3.4.2.	Uji <i>Marshall</i> Rendaman .....	55
3.5.	Identifikasi Benda Uji .....	55
3.6.	<i>Flow Chart</i> .....	57
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
4.1.	Hasil Pengujian Material .....	58
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat .....	58
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal .....	60
4.2.	Penentuan Perkiraan Kadar Aspal .....	62
4.3.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Terhadap Kadar Aspal Optimum .....	62
4.4.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Terhadap Kadar Serat Optimum .....	68
4.5.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Terhadap Waktu Rendaman .	78



4.6.	Perbandingan Benda Uji Dengan dan Tanpa Serat	
	<i>Polypropylene</i> .....	83
4.7.	Ringkasan Hasil Penelitian .....	92
<b>BAB IV</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	95
5.1.	Kesimpulan .....	95
5.2.	Saran .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	98

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) .....	6
Tabel 2.2	Ketentuan sifat-sifat Campuran Laston (AC) Dimodifikasi .....	7
Tabel 2.3	Gradasi Agregat Kombinasi Laston (AC) .....	12
Tabel 2.4	Gradasi Kepadatan Maks. (Fuller) .....	13
Tabel 2.5	Berat dan Gradasi Benda Uji .....	16
Tabel 2.6	Persyaratan Aspal Keras .....	23
Tabel 2.7	Karakteristik Serat <i>Polypropylene</i> .....	29
Tabel 2.8	<i>Viscositas</i> Penentu Suhu "Titik Lembek" .....	38
Tabel 2.9	Hubungan Tekanan Roda Dengan Batas Minimum <i>Stabilitas</i> <i>Marshall</i> .....	44
Tabel 3.1	Identifikasi Benda Uji .....	56
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat .....	60
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Sifat Aspal .....	62
Tabel 4.3	Perkiraan Kadar Aspal .....	62
Tabel 4.4	Hasil <i>Marshall Test</i> Terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) ....	63
Tabel 4.5	Hasil <i>Marshall Test</i> Terhadap Kadar Serat Optimum (KSO) .....	71
Tabel 4.6	Hasil <i>Marshall Test</i> Terhadap Hasil Rendaman .....	79
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Benda Uji Dengan dan Tanpa Serat <i>Polypropylene</i> .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Gradasi Kombinasi <i>Fuller</i> .....	14
Gambar 2.2	Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i> .....	16
Gambar 2.3	Alat Pengujian Penetrasi .....	24
Gambar 2.4	Alat Pengujian Titik Lembek .....	24
Gambar 2.5	Alat Daktilitas .....	25
Gambar 2.6	Alat <i>Cleveland Open Cup</i> .....	25
Gambar 2.7	Contoh Barang Berbahan Serat <i>Polypropylene</i> .....	28
Gambar 2.8	Benda Uji Aspal Beton .....	36
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian .....	57
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA .....	64
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA .....	65
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM .....	66
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas .....	67
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan <i>Flow</i> .....	68
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan MQ ( <i>Marshall Quotient</i> ) .....	69
Gambar 4.7	Grafik Hasil Analisa Kadar Aspal Optimum .....	69
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan VMA .....	72
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan VFA .....	73
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan VIM .....	74
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan Stabilitas .....	75
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan <i>Flow</i> .....	76

Gambar 4.13	Grafik Hubungan Kadar Serat Dengan MQ ( <i>Marshall Quotient</i> ).....	77
Gambar 4.14	Grafik Hasil Analisa Kadar Serat Optimum .....	77
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Waktu Perendaman dengan VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> ) .....	79
Gambar 4.16	Hubungan Waktu Perendaman dengan VFA ( <i>Voids Fill Asphalt</i> ) .....	80
Gambar 4.17	Hubungan Waktu Perendaman dengan VIM ( <i>Void In Mix</i> ) .....	81
Gambar 4.18	Hubungan Waktu Perendaman dengan Stabilitas .....	81
Gambar 4.19	Hubungan Waktu Perendaman dengan <i>Flow</i> .....	82
Gambar 4.20	Hubungan Waktu Perendaman dengan <i>Marshall Quotien</i> (MQ).....	83
Gambar 4.21	Grafik Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat Untuk VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> ) .....	85
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat Untuk VFA ( <i>Voids Fill Asphalt</i> ) .....	86
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat untuk VIM ( <i>Void In Mix</i> ) .....	87
Gambar 4.24	Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat Untuk Stabilitas .....	88
Gambar 4.25	Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat Untuk <i>flow</i> .....	90
Gambar 4.26	Perbandingan Antara Tanpa Serat dan Menggunakan Serat Untuk <i>Marshall Quotient</i> (MQ) .....	91



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan sarana yang sangat penting digunakan untuk transportasi bagi masyarakat. Sehingga banyak masyarakat yang menggunakan fasilitas tersebut untuk mempermudah kegiatannya. Di Indonesia, konstruksi jalan sudah banyak menggunakan campuran aspal beton, karena dalam campuran ini akan menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama, harga relatif lebih murah dibandingkan dengan konstruksi jalan beton, biasanya campuran ini digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi. Campuran aspal beton merupakan salah satu campuran yang bergradasi tertutup atau gradasi menerus, dengan material agregat kasar, agregat halus, *filler* (bahan pengisi), dan aspal. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *hot mix*. Tetapi campuran ini memiliki kelemahan yaitu pada cuaca tropis seperti di Indonesia, sangat rentan terjadinya kerusakan seperti jalan berlubang dan jalan bergelombang, apalagi ditambah dengan beban – beban yang tinggi melewati konstruksi jalan tersebut. Oleh karena itu sangat penting untuk dicari bahan material tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan dan membantu perbaikan konstruksi jalan pada lapisan permukaan perkerasan, dan juga disertai teknik – teknik optimasi yang mendukung, sehingga dapat diperoleh nilai tambah yang di harapkan.

Saat ini sudah banyak di lakukan penelitian tentang campuran aspal beton dengan menggunakan bahan tambahan (*additive*). Salah satunya pada teknik bahan perkerasan jalan yaitu penggunaan bahan *additive* seperti penggunaan serat

selulosa. Serat ini sebagai bahan campuran aspal beton karena dapat meningkatkan elastisitas aspal dan daya tahan terhadap air. Umumnya bahan *additive* dipakai dengan harapan mampu memberikan nilai tambah yang sebesar-besarnya. Pada penelitian ini akan dicoba diterapkan teknik optimasi dengan menggunakan bahan *additive* yaitu serat *polypropylene* yang berbentuk *fiber plastic beneser* pada campuran aspal beton.

Serat *polypropylene* merupakan bahan utama untuk pembuatan barang-barang yang terbuat dari plastik. Sedangkan plastik ini benda yang sulit untuk di urai sehingga menimbulkan limbah yang menumpuk. Sejumlah penelitian membuktikan bahwa serat *polypropylene* dapat meningkatkan *durability* beton dan mampu mengurangi keretakan pada konstruksi beton (Wahyu Kartini, 2007). Sedangkan pemakaian serat *polypropylene* pada campuran panas belum diketahui dengan pasti. Bella dan Lukitaningsih (2000) menyatakan bahwa persentase serat *polypropylene* optimum pada campuran aspal beton sebesar 2% dan panjang serat optimum sebesar 3,8 cm akan meningkatkan stabilitas sebesar 1,7% dibanding yang menggunakan aspal murni. Hal ini yang mendorong diadakannya penelitian tentang pemakaian serat *polypropylene* yang berbentuk *fiber plastic beneser* sebagai bahan campuran aspal beton. Menurut Eroviantara (2011), berdasarkan hasil uji tes komposisi kimia menunjukkan bahwa *fiber plastic beneser* berjenis *polyacrilonitril styrene* yang juga dapat digolongkan dalam *polypropylene*. *Fiber plastic beneser* merupakan plastik yang diperkuat dengan adanya serat pada matrik plastik.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini memakai serat *polypropylene* berbentuk *fiber plastic beneser*, yang diharapkan dapat mengurangi masalah pada jalan yang ditinjau pada kekuatan dan keawetan pada campuran aspal beton.

## 1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, adalah :

1. Bagaimana perbedaan kekuatan antara campuran aspal beton dengan atau tanpa menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene (fiber plastic beneser)* yang ditinjau dari variasi campuran serat 0% - 5% ?
2. Berapa nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk dengan menggunakan metode marshall test pada campuran aspal beton dengan atau tanpa serat *polypropylene (fiber plastic beneser)* ?
3. Bagaimana nilai keawetan pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene (fiber plastic beneser)* berdasarkan waktu perendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam ?

## 1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penelitian yang akan dicapai adalah :

1. Mengetahui perbedaan kekuatan pada campuran aspal beton dengan atau tanpa menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene (fiber plastic beneser)* yang ditinjau dari variasi campuran serat 0% - 5%.
2. Mengetahui nilai sabilitas, kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuaran padat yang terbentuk pada campuran aspal beton dengan atau tanpa *fiber plastic beneser*.

3. Mengetahui nilai keawetan pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan *additive* serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*) berdasarkan waktu perendaman 30 menit, 24 jam dan 48 jam.

#### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya mencakup tentang pemakaian *fiber plastic beneser* pada campuran aspal beton sehingga pengujian – pengujian hanya meliputi :

1. Penelitian dilakukan di Lab. Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Surabaya.
2. Campuran menggunakan serat *polypropylene* yaitu *fiber plastic beneser*.
3. Pengujian terhadap kekuatan campuran aspal beton tanpa menggunakan bahan tambahan *fiber plastic beneser*.
4. Pengujian terhadap kekuatan campuran aspal beton menggunakan bahan tambahan *fiber plastic beneser*.
5. Pengujian menggunakan alat *Marshall Test*.
6. Bahan Bitumen yang dipakai berasal dari rumus penentuan perkiraan kadar aspal.
7. Campuran *fiber plastic beneser* diambil *range* 0% - 5% dari berat aspal.
8. Uji marshall rendaman selama  $\frac{1}{2}$  jam, 24 jam dan 48 jam dengan suhu 60°C.
9. Tidak menghitung biaya penggunaan campuran aspal beton dengan bahan *additive* serat *polypropylene* (*fiber plastic beneser*).